

Partial Translation of Japanese Laid-Open Patent

Publication No. 04-055984

(Published on February 24, 1992)

Japanese Patent Application No. 02-167109

(Filed on June 26, 1990)

Title: SUPPORT SYSTEM

Applicant: KUBOTA CORP

[Page 4, line 6 of upper right column to line 8 of lower left column]

The analyzing unit (2) is a unit for generating an integrated model formula (E1) of the hydraulic circuit depending on the hydraulic circuit diagram (5) produced in the pre-processing unit (1). In this analyzing unit (2), it is required to choose models corresponding to each element, to input data of the components of each model, and to input calculating conditions. The model formulas (e1) are combined on the basis of the produced hydraulic circuit diagram (5). Further, in this analyzing unit (2), the integrated model formula (E1) is solved according to the input calculating conditions. Subsequently, in the post-processing unit (3), the solution for the hydraulic circuit obtained in the pre-processing unit (2) is output as a dynamic chart (8). Further, this support system outputs components list (not shown) of the circuit based on the models chosen corresponding to each element. FIG. 2 shows a process flow of each units (1), (2), (3) and (4) described above.

[Page 4, line 1 to line 18 of lower right column]

At this point, a hydraulic cylinder (12) actuates a three-point link mechanism (11), and a pump (14) mechanically connected to an engine (13) supplies hydraulic oil to the hydraulic cylinder (12). Further, in the circuit between the pump (14) and a hydraulic cylinder (12), a high-speed responding valve (15) and a falling velocity control valve (16) are provided. The high-speed responding valve (15) functions as a lifting/lowering switching valve and the falling velocity control valve (16) as a flow rate controlling valve. In the embodiment of the present application, the high-speed responding valve (15) is opened/closed under the control of control commands from a PID control unit (17) as a controlling means. Meanwhile, the falling velocity control valve (16) prevents a sudden fall in a falling operation. The PID control unit (17) obtains the position of the three-point link mechanism (11) as control information.

[Page 9, line 7 to line 15 of upper left column]

FIGS. 8(1) and 8(2) show the result of the output. The horizontal axis in each figure indicates the time. In the FIG. 8(1), the vertical axis indicates the pressure (left side scale: kgf/cm^2) and the position (height)(right side scale: cm). In the FIG. 8(2), the vertical axis indicates the flow rate (left side scale: l/min.) and the rotational frequency (right side scale: rpm).

(*Translator's Notes:

FIGS. 8(1) and 8(2) indicate FIGS. 8(イ) and 8(ロ), respectively, in the original text.)

⑫ 公開特許公報(A) 平4-55984

⑤Int.Cl.⁹

G 06 F 15/60

識別記号

4 5 0

庁内整理番号

7922-5L

④公開 平成4年(1992)2月24日

審査請求 未請求 請求項の数 5 (全12頁)

⑭発明の名称 支援システム

⑰特 願 平2-167109

⑱出 願 平2(1990)6月26日

⑲発 明 者 飯 田 聡 兵庫県尼崎市浜1丁目1番1号 株式会社クボタ技術開発
研究所内⑲発 明 者 原 啓 一 兵庫県尼崎市浜1丁目1番1号 株式会社クボタ技術開発
研究所内⑲発 明 者 土 手 譲 治 兵庫県尼崎市浜1丁目1番1号 株式会社クボタ技術開発
研究所内⑲発 明 者 鬼 生 田 浩 一 兵庫県尼崎市浜1丁目1番1号 株式会社クボタ技術開発
研究所内

⑲出 願 人 株 式 会 社 ク ボ タ 大阪府大阪市浪速区敷津東1丁目2番47号

⑲代 理 人 弁 理 士 北 村 修

明 細 書

1 発明の名称

支援システム

2 特許請求の範囲

1. それぞれモデル式(e1)で特性が記述される複数のエレメントを接続して構成される検討対象系のシミュレーションを目的として、複数の前記モデル式(e1)を備えたライブラリー部(4)より、順次モデル式(e1)を呼び出して検討対象系の統括モデル式(E1)を自動生成する支援システムにおいて、

前記モデル式(e1)のリンク情報群を、前記各エレメントにおける出力情報としての状態変数群と、該エレメントへの入力情報としての外部変数群とに分類し、前記検討対象系の統括モデル式(E1)を、自由度をパラメータとする統一変数(Y)で記載する際に、前記統一変数(Y)の自由度を、前記統括モデル式(E1)における前記エレメント対応

の前記モデル式(e1)の出現順に、且つ前記モデル式(e1)におけるリンク情報部での前記状態変数の出現順に決定するものである支援システム。

2. 前記モデル式(e1)における前記リンク情報が、変数の種類を表す部位を有する形で記載されており、

前記各エレメント間での前記外部変数群と前記状態変数群との対応を、各エレメント間の接続点としてのノードにおける前記リンク情報の変数の種類の対応で取るものである請求項1に記載の支援システム。

3. それぞれモデル式(e1)で特性が記述される複数のエレメントを接続して構成される油圧関連回路のシミュレーションのため、複数の前記モデル式(e1)を備えたライブラリー部(4)より、順次前記モデル式(e1)を呼び出して前記油圧関連回路の統括モデル式(E1)を得る支援システムにおいて、

前記モデル式(e1)のリンク情報群を、

前記各エレメントにおける出力情報としての状態変数群と、該エレメントへの入力情報としての外部変数群とに分類して記載するとともに、変数の種類を表す部位を有する形式で記載し、

前記油圧関連回路の統括モデル式(E1)を、自由度をパラメータとする統一変数(Y)で記載するに際し、

エレメント順序化手段(21)により、前記各エレメントのモデル式(e1)の呼び出し順序を決定し、

ノード順序化手段(22)により、前記各エレメント間の接続点としてのノードを、前記油圧関連回路全体に渡り順序化し、かつ

自由度順序化手段(23)により、前記自由度を前記統括モデル式(E1)における前記モデル式(e1)の前記呼び出し順に、且つ前記モデル式(e1)におけるリンク情報部での前記状態変数の出現順に決定するとともに、前記各モデル式(e1)間での前記外

部変数群と前記状態変数群の対応を、前記ノードにおける前記リンク情報の変数の種類の対応で取るものである支援システム。

4. 前記ノード順序化手段(22)が、各ノードにおける主なエレメントとしての主シンボルと、前記主なエレメントに接続されるエレメントとしての副シンボルと、これらのエレメントにおける対応ポート名とをノード番号に対応させた表であるノード対応表を作成する請求項3記載の支援システム。

5. 前記自由度順序化手段(23)が、前記自由度で代表される変数を前記状態変数として持つエレメント及びそのポート名と、

前記自由度で代表される変数を前記外部変数として持つエレメント及びそのポート名とを

前記自由度と対応させて記載した自由度対応表を作成する請求項3記載の支援システム。

3 発明の詳細な説明

(産業上の利用分野)

本発明は、特定の系の挙動をシミュレートするために使用される支援システムに関するものであり、さらに詳細には、それぞれモデル式で特性が記述される複数のエレメントを接続して構成される検討対象系のシミュレーションを目的として、複数の前記モデル式を備えたライブラリ部より、順次モデル式を呼び出して検討対象系の統括モデル式を自動生成する支援システムに関するものである。

(従来の技術)

従来、この種の複数のエレメントを任意に接続して構成する検討対象系のシミュレーションをおこなう場合、各エレメントがモデル式の形式で表記され、これらが、任意の順序で、重複して呼び出されて使用される。そしてこれらのモデル式はそれぞれリンク情報群を備えている。ここで、これらのリンク情報群はこのエレメントに固有の記載形式が取られ、検討対象系に依存したリンク情報の表示がされてはいない。

例えば油圧回路のシミュレーションを行う場合、一つのエレメントとしての管路に対応したモデル式は以下のような表示がとられる。

PIPE(Q_1, Q_2, P_L, P_1, P_2)

ここでそれぞれのリンク情報は、入口圧力(P_1)、入口流量(Q_1)、出口圧力(P_2)、出口流量(Q_2)を表している。さらに別のエレメントとしての制御弁に対応したモデル式もまた以下のような表示がとられている。

RERIEF(X_RF, V_RF, P_1, P_2, P_3, Q_1, Q_2)

同様にここでそれぞれリンク情報は、入口圧力(P_1)、入口流量(Q_1)、出口圧力(P_2)、出口流量(Q_2)等を表している。

そしてこれらのエレメントを複数個任意に重複を許す形で接続して検討対象系を構成する場合は、モデル式の呼び出し時に、全体の系依存

の変数群で前記モデル式を呼び出さなくてはならない。

即ち、前述の油圧回路の例では、各管路、各制御弁といった各エレメントに識別記号を付け、この識別記号とともに各エレメントのモデル式を呼びださなければならない。

〔発明が解決しようとする課題〕

ここで従来は、その識別記号の付け方が各個人の好みのやり方に委ねられ、且つ手作業でおこなわれていたために、変数の記号付、及び各モデル式間におけるリンク情報の対応関係の取り合いが、システマティックにおこなわれていなかった。そのため検討対象の系が複雑になればなるほど膨大な時間、労力を要する欠点があった。例えばエレメント数が30から50近くに及ぶ一般の農業用作業車に使用される油圧回路を、対象とする場合は、この作業だけで1週間から2週間を要するものであった。

本発明の目的は上述した従来欠点を解消する点にあり、モデル式を順次任意に連結してシミ

ュレーション用の統括モデル式を構成する場合に、その統括モデル式の自動形成が可能な支援システムを得ることである。

〔課題を解決するための手段〕

この目的を達成するため、本発明による支援システムは、モデル式のリンク情報群を、各エレメントにおける出力情報としての状態変数群と、該エレメントへの入力情報としての外部変数群とに分類し、検討対象系の統括モデル式を、自由度をパラメータとする統一変数で記載するものとし、統一変数の自由度を、統括モデル式におけるエレメント対応のモデル式の出現順に、且つモデル式におけるリンク情報部での状態変数の出現順に決定するものとされていることを特徴とする。

〔作 用〕

本願においては、検討対象系のモデル式を自由度をパラメータとする統一変数で記載するものとする。即ち、各エレメントに識別記号を付ける操作をおこなうかわりに、統括モデル式に

において独立変数として扱うべき変数を順次、全回路を対象としたパラメータ（自由度）で表示するものとするのである。さて、こういった系のシミュレーションにおいては、それぞれのモデル式のリンク情報群はそのエレメントからの出力情報としての状態変数群と、このエレメントに引き渡されるべき外部変数群に分類することができる。そしてこの検討系の解を得るためには各エレメントの状態変数のみを、前記独立変数として取り扱えばよい。即ち検討系が固定されれば、これに従って、この検討系で扱うべき独立変数群も決定されるのである。

そこで本願の場合は、この独立変数群を、上記のように自由度をパラメータとする統一変数で表すのであるが、この自由度は、本願の場合、検討系の統括モデル式のプログラム上において、エレメント対応の各モデル式の出現順に、さらにこのモデル式におけるリンク情報部での状態変数の出現順に決定するものとしたのである。

〔発明の効果〕

このように構成することにより、統括モデル式における独立変数の設定を自動的にしかも、システマティックにおこなうことが可能となったのである。このような手法をとることにより、エレメント数の増加に対しても統一的に処理することが可能となり、統括モデル式を効率よく作成することが可能となったのである。

さらに、上記の構成において、モデル式におけるリンク情報が、変数の種類を表す部位を有する形で記載されており、

各エレメント間での外部変数群と状態変数群の対応を、各エレメント間の接続点としてのノードにおけるリンク情報の変数の種類の対応で取るものとする、

この全体系に対する統括モデル式の形成を、各エレメントの接続関係を考慮して、自動的に作成することが可能となり、このような系の挙動の検証に使用することができる支援システムの形成に大いに役だったのである。

〔実施例〕

以下本願の実施例を図面に基づいて説明する。

まず本願の油圧関連回路開発支援システムの概要を、第1図に基づいて説明する。このシステムは図示するように、4つの主要な部位(前処理部(1)、解析部(2)、後処理部(3)、及びライブラリー部(4))から構成されている。

各部の機能について説明すると、まず前処理部(1)は、主には、このシステムの利用者が意図する油圧関連回路図(5)の作成に供せられる部位、即ちCAD手段であり、さらに、こういった油圧関連回路図(5)に使用される各エレメントのシンボル図(6)の作成、またこれに関連付けられたモデルのモデル式(e1)の作成、変更をも行う部分である。ここでシンボル図(6)とは、油圧関連回路(5)に実際に使用される高速応答弁(15)、リリーフ弁(18)といった油圧機器等(エレメント)の機能を、回路図上に現すためにこれらを模式的に表現するものであり、モデル式(e1)と

は前述のエレメントに対応してこれらの回路要素がどのように働くかを数式的に表したものである。

次に前記解析部(2)の働きについて説明する。

この解析部(2)は、前述の前処理部(1)で作成される油圧関連回路図(5)に基づいて、作成済みの油圧関連回路の統括モデル式(E1)を自動生成する部位である。この部位(2)での操作においては、当然各エレメントに対応するモデルの選択、モデルにおける部品データの入力、そして計算条件の入力等が必要である。そして各エレメントに対応してモデル個々に前記ライブラリー部(4)に登録されているモデル式(e1)が、作成済みの油圧関連回路図(5)に基づいて組み合わされる。さらにこの部位(2)で、この油圧関連回路対応の統括モデル式(E1)が入力条件に従って解かれるのである。ここまでの、解析部(2)が受け持つ役割である。さらに後処理部(3)において

は、前述の解析部(2)において得られる油圧関連回路の解を動特性のチャート(8)として出力するのである。さらにこの支援システムにおいては、各エレメントに対して選択されたモデルに基づき、この回路で使用される部品の部品表(図外)が出力されるように構成されている。上述の各部(1)(2)(3)(4)における処理の流れが第2図に示されている。

本願のシステムの概略構成は以上のようなものであるが、これを三点リンク機構の昇降操作用の油圧関連回路に対して使用する例に即して、本願の油圧関連回路開発支援システムの構成、働きを順次説明する。第3図にはこの系の機械的模式図が、そして第4図にはこの系の油圧関連回路図が示されている。

先ず第3図について説明する。この作業車(10)にはその後部に前述の三点リンク機構(11)が装備され、このリンク機構としての三点リンク機構(11)により負荷ウエイトとしてのロータリといった作業装置(11a)が

昇降操作されるわけである。ここで、この三点リンク機構(11)は油圧シリンダ(12)により駆動される。そしてこの油圧シリンダ(12)への圧油の供給は、エンジン(13)に機械的に接続されたポンプ(14)によりおこなわれる。さらにこのポンプ(14)から前記油圧シリンダ(12)までの回路には昇降用切換弁としての高速応答弁(15)と、流量調整弁としての落下速度調整弁(16)が介装されている。この高速応答弁(15)は、本願の例においては制御手段としてのPID制御部(17)の制御指令をうけて、前記高速応答弁(15)を開閉制御するためのものであり、一方前記落下速度調整弁(16)は、作業装置の下降操作における急激な下降を防止するためのものである。このPID制御部(17)は前記三点リンク機構(11)の位置を制御情報として得ている。さらにこの回路には、リリーフ弁(18)が設けられている。

本願の支援システムの利用者は、上記のよう

なハード系を頭に描きながら、あるいは参考図面を参照しながら、このハード系に対する油圧関連回路図(5)を前述の前処理部(1)で作成してゆく。この手法は、従来のCADシステムに採用されていたものと同一である。第4図に、この様にして作成される油圧関連回路図(5)が示されている。この図においては、対応するエレメントが、同一の番号で記載されている。

この油圧関連回路図(5)は、CADシステムにより作成されることとなるわけであるが、本願の例においては、各エレメントとして油圧系エレメントとともに、エンジン(13)、三点リンク機構(11)といった機械系エレメント、およびPID制御部(17)といった電気系エレメントをも含んだ形で、油圧関連回路図(5)が構成されている。即ち、この支援システムにおいては、リリーフ弁(18)、高速応答弁(15)、落下速度調整弁(16)、油圧シリンダー(12)および各管路(p)といっ

た油圧系エレメントの他に、エンジン(13)、三点リンク機構(11)、及びPID制御部(17)といった機械系、電気系エレメントまでが、検討対象として採用され、油圧関連回路の挙動の検討がなされるのである。

さて、以上のようにして得られる油圧関連回路図(5)から、この回路図に対応した統括モデル式(E1)を作成する方法について以下に説明する。前述のように、このシステムは、ライブラリー部(4)を備えており、この部位(4)に前述の各モデルに対応したモデル式(e1)が登録されている。このモデル式(e1)においては、それぞれのモデルに対する入力(外部変数)系、出力(状態変数)系が規定されているとともに、さらにモデル自体の性質を決定する条件(固有定数、計算定数)系を有する構成となっている。例えば、前述の高速応答弁(15)においては、入力系は、第4図において示す弁入口(151)、第一、第二、第三出口(1501)(1502)(1503)

の流量、第一電磁弁(V1)への第一電流信号(11)、第二電磁弁(V2)への第二電流信号(12)であり、出力系は、弁入口(151)、第一、第二、第三弁出口(1501)(1502)(1503)における流体圧である。条件系としてはリリーフの設定圧等を挙げることができる。

各管路(p)においては、入力系は管路入口、出口における流量、出力系は管路入口、出口における圧力、さらに条件系は、これらの各管路(p)自体の管径、管路長さ等といったようになるのである。本願のように機械系エレメント、電気系エレメントの物理量を対象とする場合は、機械系エレメントの物理量としては、作用力、負荷トルク、位置、速度、加速度、角速度、角加速度が考慮される。ここで、機械系エレメントは、回転運動系と直線運動系に分類されている。また、電気系エレメントの物理量としては、電流値、電圧値等が考慮される構成とされているのである。

さて、それぞれ異なった機能を有するエレメントに対しては、それらのシンボル図、これに対応して選択可能なモデルとそのモデル式(e1)、そしてこのモデル式(e1)における入力、出力、及び条件系が決して前記ライブラリー部(4)内に記憶されている。即ちこのシステムにおいては、各シンボル図とこのシンボル図に対応してモデル選択の結果決まるモデル式(e1)が関連付されている。ここで本願においては、プログラムがFORTRAN言語を使用して作成されるため、モデル式(e1)はサブルーチン形式で記載され、入出力系がサブルーチンにおける引数群として記載されている。このモデル式(e1)においては引数群が、その処理方式とともに規定されている。

さらに上記のように各エレメントに対応して代表的なモデルが用意されるときにも、必要な場合は、このモデルのモデル式(e1)を変形することができるようにも構成されている。

以下に本願における機械系エレメントと、電

気系エレメントのモデル式 (e1) の構成例を紹介しておく。機械系エレメントとしての回転運動系として分類されるエンジン (13) に対しては、モデル式はエンジン回転数を出力とするように構成され、予め与えられているエンジン回転に関するモデルデータを基に、これを時間域で線型補間することにより所望の時間の回転数を出力するように構成されている。そしてこのエンジンより引き渡される回転数及び他の条件 (流体系の条件) をもとに、ポンプにおいてはその吸い込み圧力と吐出圧力が出力される。またポンプ側からエンジンへ負荷トルクが受け渡される。

さらに直線運動系として分類される三点リンク機構 (11) 及び負荷ウエイト (11a) で形成される系に対してその情報の受け渡し相手となるのは油圧シリンダー (12) であり、三点リンク機構 (11) よりなる系は接続点の位置、移動速度、移動加速度を、油圧シリンダー (12) は負荷力を受け渡す。

$$d^2EV(n) = dEV(n) - dEV(n-1)$$

そして、高速応答弁 (15) においてはPID制御部 (17) から電流値を受取り、ソレノイド力を計算し、弁の速度を計算するように構成されているのである。

つぎに前記解析部 (2) において、油圧関連回路図 (5) に基づいて回路自身の全体の統括モデル式 (E1) を自動生成する方法について説明する。本願においてはこの自動生成方法に独特の手法が採用されている。即ち本願における統括モデル式自動生成手段 (20) がそれである。

第5図に統括モデル式自動生成手段 (20) の処理の流れが示されており、この図に基づいて説明する。これはエレメント順序化手段 (21)、ノード順序化手段 (22)、自由度順序化手段 (23) から構成されており、これらは全て、前記作成済みの特定の流体関連回路図 (5) 全体に対して各エレメント、各ノード、

一方、電気系エレメントについて、PID制御部 (17) を例として説明する。このPID制御部 (17) は、3点リンク機構からリフトアーム角度を検出し、高速応答弁 (15) への電流オフ時間を計算して現時刻がオン時間であれば出力電流値を計算する。電流オフ時間の計算式は下記のように構成されている。

$$dToff(n) = Kp * dEV(n) + Ki * EV(n) + Kd * d^2EV(n)$$

ここで、 $dToff(n)$ は電流オフ時間、 Kp 、 Ki 、 Kd は比例、積分、微分ゲイン、 $V(n)$ は実際のリフトアーム速度、 $RV(n)$ は目標速度であり、 $EV(n)$ 、 $dEV(n)$ 、 $d^2EV(n)$ は下記のように記載される。
(n は時間ステップを示す。)

$$EV(n) = V(n) - RV(n)$$

$$dEV(n) = EV(n) - EV(n-1)$$

統括モデル式 (E1) 内の独立変数を、通し番号で識別可能とするための処理手段とすることができる。ここでノードとは、各エレメントの接続点のことである。

各手段 (21) (22) (23) のそれぞれの働きについて以下に説明する。まず最初に各エレメントの順序化がエレメント順序化手段 (21) によって行われる。この順序化はCADによる入力の際に (油圧回路の流路の順にほぼそって) 主要エレメントから各管路に至るまで以下に示すように行われるのである。この例が以下に示されている。

エレメント: 1 モータ (エンジン)

エレメント: 2 ギヤポンプ

エレメント: 3 T型継手

エレメント: 4 高速応答弁

エレメント: 5 リリーフ弁

エレメント: 6 タンク

(ここで、エンジンはシステム内でモータとして取り扱われている。)

つぎに前記ノード順序化手段(22)により、各エレメントそれぞれの連結点としてのノードの順序化がおこなわれ、これとともに、第6図に示すノード対応表(T1)が作成される。このノード対応表(T1)は、各ノードに接続する主なエレメントとしての主シンボル(t1)と、前記主なエレメントに接続されるエレメントとしての副シンボル(t2)と、これらのエレメントにおける対応するポート名(t3, t4)とを、ノード番号(t5)に対応させた表である。この段階においては、各エレメントのポート名(t3)(t4)の表示は、各エレメント依存の表示をとっている。即ち、例えばエレメントの入口はどのエレメントにおいても1等で記述されており、また出口は同様に2等で示されている。

さらに本願においては前記ノード対応表(T1)の作成の後に、自由度順序化手段

(23)により、自由度対応表(T2)が生成された後、統括モデル式(E1)が自動生成される。この方式について以下に説明する。本願においては、各エレメントに対応するモデル式(e1)のリンク情報群としての引数群が、状態変数、外部変数、固有定数、計算定数等に分類されている。ここで状態変数は、そのエレメントが各計算ステップ(状態)で持っている物理量としての変数であり、外部変数とは、このエレメントに接続されているエレメントから引き渡される状態変数である。ここで、当然このモデル式(e1)が呼ばれた段階と、このモデル式(e1)での処理を終了した状態では、前記の状態変数は演算処理を受けた分だけ異なっている。さらに上記の固有定数、計算定数は各モデル式(e1)での処理において使用される定数である。

本願においてはこのモデル式(e1)の引数群が独特の構成を持って記載、配列されている。即ち、それぞれの引数は変数の種類を示す1文

字と、一個のアンダースコアを介して接続される各モデルのポート名(4文字以内)で表現され、さらに各モデル式(e1)における引数が、前記の分類に従って、状態変数と、外部変数に分類され、これらが状態変数群、及び外部変数群として順番にサブルーチンの引数群として配列されているのである。この例を以下に示す。

```

MOTOR (W_MC      ! 状態変数
      )          ! 外部変数無し
PUMP   (P_1, P_2 ! 状態変数
      , Q_1, Q_2, W_MC)
      ! 外部変数
TEE    (P_1, P_2, P_3
      ! 状態変数
      , Q_1, Q_2, Q_3)
      ! 外部変数
DENJI  (P_P, P_C, . . .
      ! 状態変数
      , D_D)    ! 外部変数

```

```

RELIEF (X_RF, V_RF, P_1
      , P_2, P_3, ! 状態変数
      , Q_1, Q_2) ! 外部変数
TANK   (P_1)      ! 状態変数
      .
      .
PIPE   (Q_1, Q_2, P_L
      , P_1, P_2)
      .
      .

```

ここでは、モータ(エンジン)、ポンプ、T型継手、高速応答弁、リリーフ弁、タンク、及びパイプの例が示されており、例えばモータ(エンジン)を例にとると、(W_MC)は変数の種類はW:角速度を示し、MCポートの変数であることを示している。このような準備段階を経た後、前記自由度順序化手段(23)により前述の回路図(5)に従って、自由度をパラメータとした統一変数(Y)を使用して統括モデル式(E1)における独立変数を規定しながら、

統括モデル式 (E1) が作成される。この処理において、前述の自由度は、統括モデル式 (E1) における順序化されたエレメント順に、さらにこのエレメントに対応するモデル式 (e1) における引数部での、前記状態変数のみ (外部変数は、最初考慮されない。) の記載順に決定される。以下にこの場合の例をプログラム形式で記載したものを示す。ここでは、プログラムは前述の順序化されたエレメント順に前記モデル式 (e1) を呼び出す形式で作成されるため、この順に C A L L 文で記載されている。

```
CALL MOTOR(Y(1)) !状態変数  
!外部変数無し  
CALL PUMP(Y(2),  
Y(3) !状態変数  
, Y(40), Y(43), Y(1))  
!外部変数  
CALL TEE(Y(4), Y(5),  
Y(6) !状態変数
```

のモータ（エンジン）の場合は、外部変数が無い
ため、これ以上の操作は行なわれない。次に
ポンプについては、その状態変数である
（P__1、P__2）が、統一変数（Y（2）、
Y（3））で置き換えられていく。ここで外部
変数（Q__1、Q__2、Q__3）はまだ処理に
関係しないため統一変数では置き換えられ
ない。そしてポンプの外部変数である（W__MC）は
ノード1で接続される記載形式を同じくしたモ
ータ（エンジン）の状態変数であるため、この
置換を行い（Y（1））として置き換えられて
いくのである。例えばポンプで初めて現れるこ
ととなる（Y（2））は、ノードの関係からエ
レメント順でプログラム後部に現れるパイプ
（PIPE）の外部変数（P__1）と置き換え
られている。このような操作が全回路に渡って
おこなわれる。

前述の操作は、説明を容易にするためFOR
TRANベースで説明したが、こういった置換
操作の前に本願においては、発明者が自由度対

```

      , Y ( 4 4 ) , Y ( 4 6 ) , Y ( 4 9 ) )
                                     ! 外部変数
CALL  DENJI ( Y ( 7 ) , Y ( 8 ) , . . .
                                     ! 状態変数
      , Y ( 6 1 ) , Y ( 6 2 ) ) ! 外部変数
CALL  RERIEF ( Y ( 2 6 ) ,
               Y ( 2 7 ) , . . .
               , Y ( 5 0 ) , Y ( 5 2 ) )
CALL  TANK   ( Y ( 3 1 ) )
      .
      .
      .
CALL  PIPE ( Y ( 4 0 ) , Y ( 4 1 ) ,
            Y ( 4 2 )
            , Y ( 2 ) , Y ( 3 1 ) )
      .
      .

```

ここで、最初に、モータ（エンジン）の状態変数である（W_M C）の引数が自由度1を有する統一変数（Y（1））で置き換えられる。こ

応表と呼ぶ表 (T2) が作成される。この自由度対応表 (T2) は、統一変数 (Y) の自由度 (t10) 順に記載された、変数の種類 (t11)、状態変数として識別されるエレメント番号 (t12) 及びポート名 (t13)、対応ノード番号 (t14)、外部変数として識別されるエレメント番号 (t15) 及びポート名 (t16) を対照表としたものである。この表 (T2) から容易に理解されるように、ここでは検討対象とする固有の回路系に基づいて統括モデル式 (E1) を自由度をパラメータとした統一変数で記載し、統一的な処理が可能になっているのである。

ここで、回路の初期値は前述の条件系の一態様として所定のステップにおいて入力しておく。そしてこのシステムにおいては、上述のようにして形成された統括モデル式(E 1) をルンゲ、クッタ、ギル法等で時間ステップを追いつながら解く。

以下に上述の三点リンク (11) による作業

装置の昇降操作を目的とした油圧関連回路のシミュレーション結果について説明する。即ち解析部(2)で得られた演算結果は、後処理部(3)において、プリンタ出力、図示出力される。ここで、プリンタ出力は一般的な出力形式であるため、この説明を省略する。第8図(イ)(ロ)には図示出力の結果が示されている。ここで、それぞれの図面において、横軸が時間、縦軸として第8図(イ)については圧力(左側スケール kgf/cm^2)と位置(高さ)(右側スケール cm)が示されており、第8図(ロ)においては流量(左側スケール l/min)と回転数(右側スケール rpm)が示されている。おのおのの図面におけるこの出力例のグラフを順次説明する。第8図(イ)においては、ポンプ吐出圧力が実線(——)で、シリンダ内圧が一点鎖線(— · — · —)で、ローアリンク高さが長破線(———)で、高速応答弁吐出圧力が単破線(-----)で示されている。一方第8図(ロ)においては、ポンプ回転数が

実線(——)で、シリンダ変位が長破線(———)で、第一制御電流(I1)が点線(.....)で、第二制御電流(I2)が一点鎖線(— · — · —)で示されている。この実施例における作業装置の昇降操作においては、この装置を短時間にしかも、オーバーシュートなく且つハンチング等を起こさずにいかに制御できるかが問題となる。第8図においては、0.0から2.0(sec)までがこの上昇行程(UP)を示しているものであり、2.0から3.0(sec)までが、下降行程(Down)を示している。さらに、この上昇行程(UP)は、作業装置が目標位置に対して十分離間しており第一制御電流(I1)が常時入り状態となっている第一上昇行程(UP1)と、第一制御電流(I1)が断続的に入り切り操作されている第二上昇行程(UP2)から概略成立していることがわかる。さらに下降行程(Down)もまたこういった構成(Down1)(Down2)をとっている。この第一上昇、または下降行程

(UP1)(Down1)においては、制御電流(I1)(I2)が、一定値に保たれており、圧力、流量等が長周期で脈動している。一方第二上昇または下降行程(UP2)(Down2)においてはPID制御部(17)により高速応答弁(15)が断続制御され、圧力、流量等が大きく変化するとともに、シリンダ変位、ローアリンク高さがなめらかに、目標値(SP1)(SP2)(LR1)(LR2)に漸近している。これはあくまでも、各エレメント、PID制御条件等が理想的な状態に設定された場合の作動図を第8図(イ)(ロ)が示しているためである。

この例と対象するため、PID制御において、この制御条件(比例及び積分ゲイン)を変化させた例が第9図(イ)(ロ)に示されている。この場合は前述の第二上昇行程(UP2)において、ポンプ、シリンダ内圧の激しい振動を起こしているとともに、シリンダ変位自体にハンチング部(P)が発生している。

(別実施例)

上記の実施例においては、機械系エレメントとして、エンジン、三点リンク機構について説明したが、所定の物理量の入力系に対して定型的に応答するものであれば、これらはいかなるものでもよい。また同様のことが電気系エレメントについてもいえる。

さらに上記の例において、制御手段としてはPID制御手法によるものとしたが、これは、ファジィ制御といった他の制御手法を採用してもよい。上記の実施例においては、この対象回路について、PID制御の条件を変化させた場合の系の応答変化について説明したが、こういった油圧関連回路の設計において、そのハード面(各油圧エレメント、機械系エレメント、及び電気系エレメント)の動特性を変化させる(使用機器を変える)ことは無論のこと、新たな油圧エレメント等を回路に加えたり、削除したりしてこの回路構成を変化させたりして、上述した油圧関連回路の動特性を検討することが

可能である。

さらに解析部においては、本願の自由度対応表(T2)を使用して構成される油圧関連回路の統括モデル式(E1)を解く場合にルンゲ、クッタ、ギル法以外の方法も採用することが可能である。

尚、特許請求の範囲の項に図面との対照を便利にするために符号を記すが、該記入により本発明は添付図面の構造に限定されるものではない。

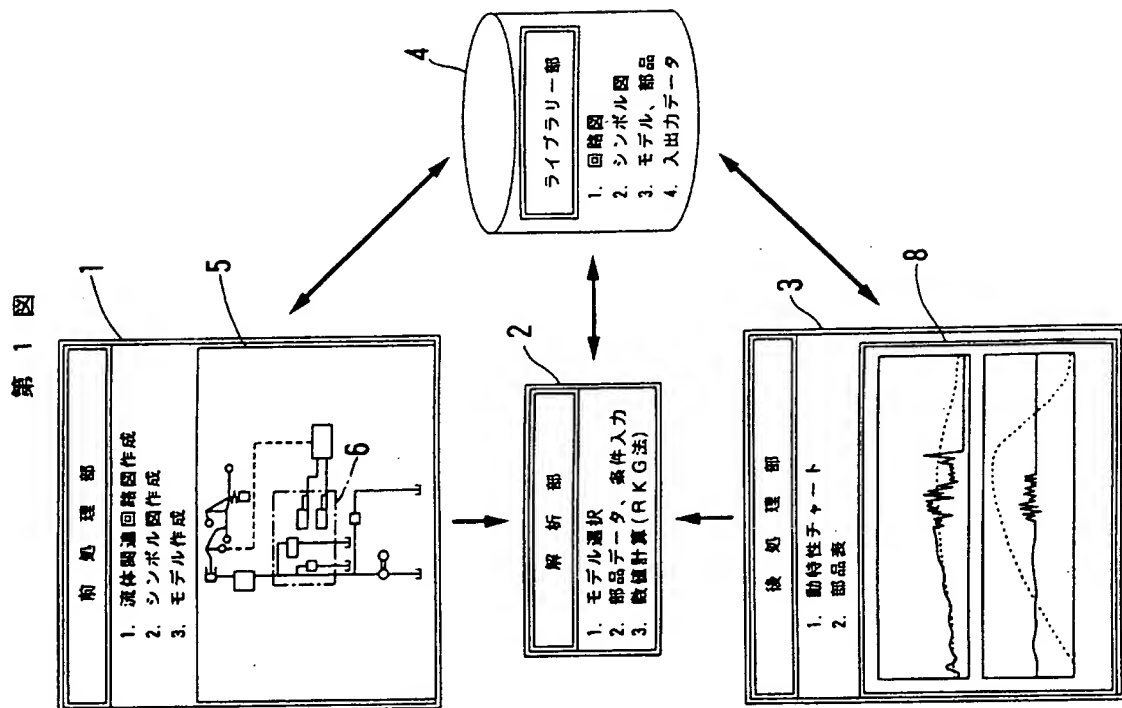
4 図面の簡単な説明

図面は本発明に係る支援システムの実施例を示し、第1図は流体関連回路開発支援システムの主要構成を示す図、第2図は各主要部における処理の流れを示す図、第3図は本願支援システムの一検討対象系のハード系の図、第4図は第3図に示す一検討対象系の油圧関連回路図、第5図は統括モデル式自動生成手段の処理の流れを示す図、第6図はノード対応表の図、第7図は自由度対応表の図、第8図は第3図に示す

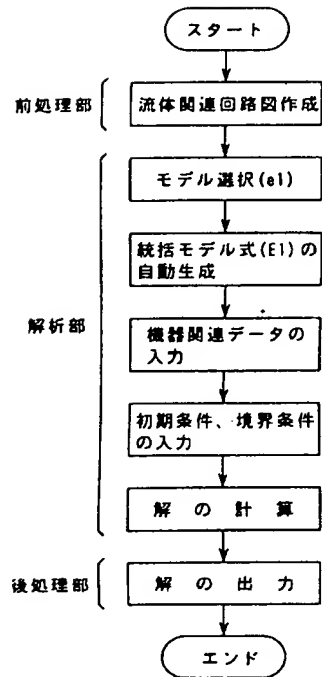
一検討対象系の最適作動状態における出力の図、第9図は第3図に示す一検討対象系の条件設定が不適当な場合の出力の図である。

(1)・・・前処理部、(2)・・・解析部、(3)・・・後処理部、(4)・・・ライブラリ部、(5)・・・流体関連回路図、(T1)・・・ノード対応表、(T2)・・・自由度対応表。

代理人 弁理士 北 村 修

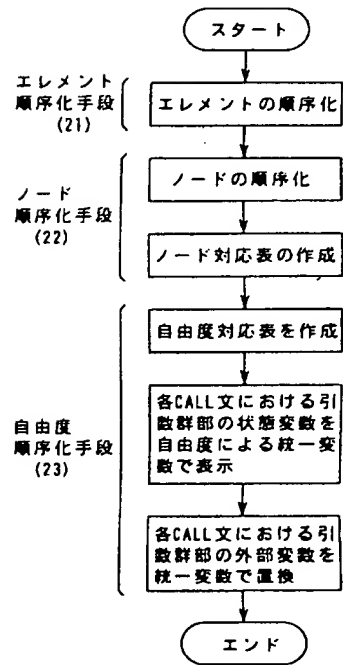


第 2 図

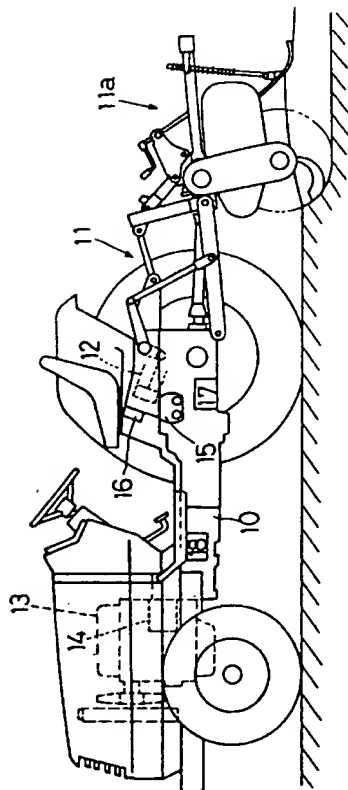


第 5 図

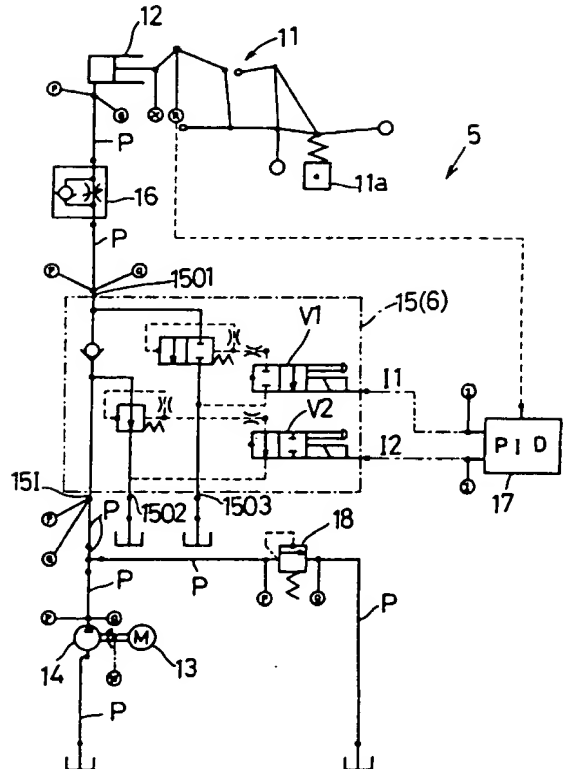
統括モデル式自動生成手段(20)



第 3 図



第 4 図



第 6 図

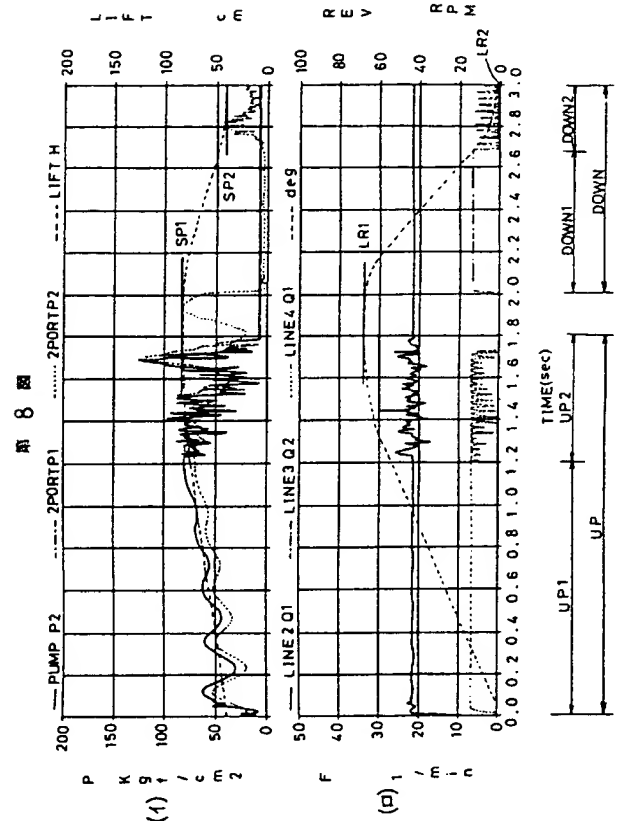
ノード対応表(T1)

ノード番号 (t5)	主シンボル(t1)		副シンボル(t2)	
	ポート名(t3)	エレメント番号	ポート名(t4)	エレメント番号
1	1(入口)	2(ギアポンプ)	1(入口)	12(管路)
2	2(出口)	2(ギアポンプ)	1(入口)	13(管路)
3	MC(メカ接続)	2(ギアポンプ)	MC(メカ接続)	1(モータ)
4	1(入口)	3(T型継手)	2(出口)	13(管路)
5	2(出口)	3(T型継手)	1(入口)	14(管路)
6	3(出口)	3(T型継手)	1(入口)	15(管路)
7	P(入口)	4(電磁弁)	2(出口)	14(管路)
8	T1(出口)	4(電磁弁)	1(入口)	17(管路)
...				

第 7 図

自由度対応表(T2)

自由度 (t10)	装置の 種類 (t11)	状態変数		対応 ノード (t14)	外部変数	
		ポート名 (t12)	エレメント番号 (t12)		ポート名 (t15)	エレメント番号 (t15)
1	W	MC(メカ接続)	1(モータ)	3	MC(メカ接続)	2(ポンプ)
2	P	1(入口)	2(ポンプ)	1	1(入口)	12(管路)
3	P	2(出口)		2	1(入口)	13(管路)
4	P	1(入口)	3(T継手)	4	2(出口)	13(管路)
5	P	2(出口)		5	1(入口)	14(管路)
6	P	3(出口)		6	1(入口)	15(管路)
7	P	P(入口)	4(電磁弁)	7	2(出口)	14(管路)
8	P	C(出口)		10	1(入口)	21(管路)
9	P	T1(出口)		8	1(入口)	17(管路)
10	P	T2(出口)		9	1(入口)	18(管路)
...						



第 9 図

